

APS

Dynamické smerovanie (Dynamické smerovacie protokoly)

Vytvorené v rámci projektu KEGA 026TUKE-4/2021

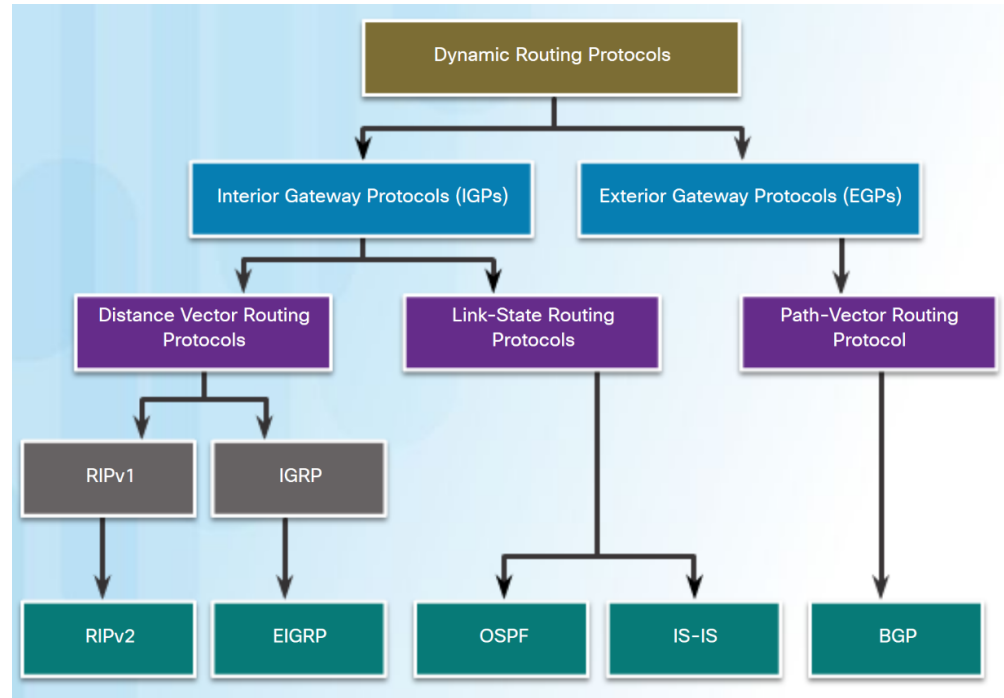
*Katedra počítačov a informatiky
Fakulta elektrotechniky a informatiky
Technická univerzita v Košiciach*



Klasifikácia smerovacích protokolov

Účel dynamických smerovacích protokolov zahŕňa:

- Zisťovanie vzdialených sietí.
- Udržiavanie aktuálnych informácií o smerovaní.
- Výber najlepšej cesty k cieľovej sieti.
- Schopnosť nájsť novú najlepšiu cestu, ak aktuálna cesta už nie je k dispozícii.



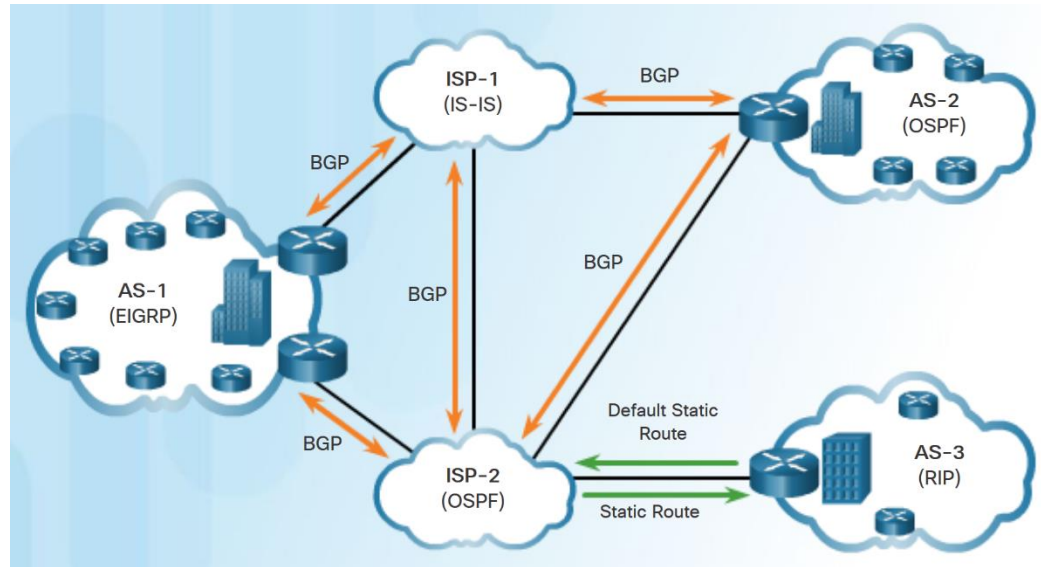
IGP a EGP smerovacie protokoly

IGP (vnútorné) protokoly

- angl. *Interior Gateway Protocols*
- slúžia na smerovanie v rámci autonómneho systému (AS)
- RIP, EIGRP, OSPF a IS-IS.

EGP (externé) protokoly

- slúžia na smerovanie medzi autonómnymi systémami
- BGP

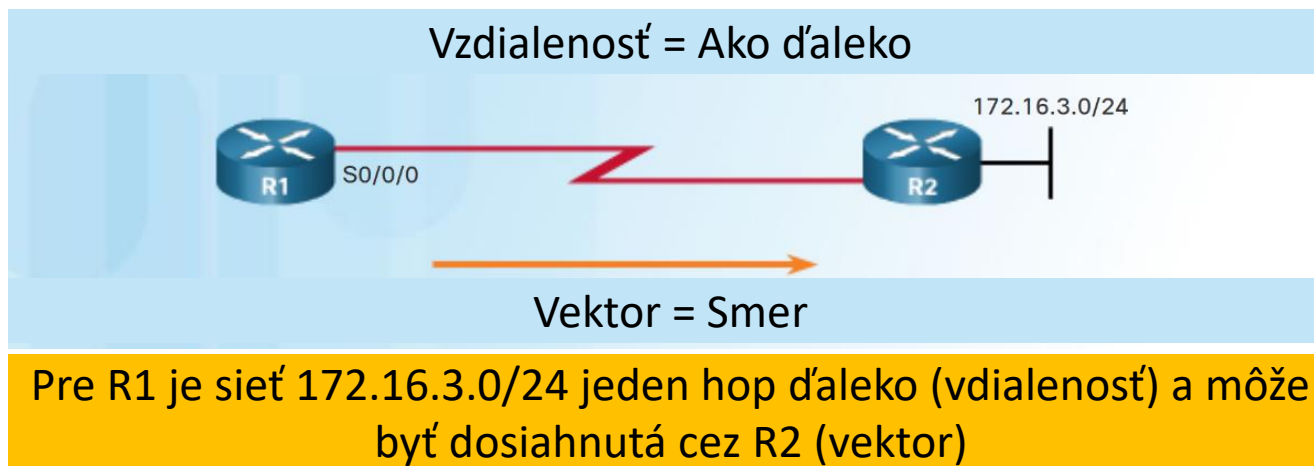


Smerovacie protokoly typu distance vector

Distance vector (tzv. *vektor vzdialenosti*) smery sa oznamujú na základe dvoch charakteristík:

- **Vzdialenosť** – určuje ako ďaleko je cieľová sieť. Založená je na metrike, ako napr. počet hopov (skokov), cena, šírka pásma, oneskorenie.
- **Vektor** - Určuje smer preposielajúceho smerovača alebo výstupného rozhrania na dosiahnutie cieľa.

Protokoly: RIPv1 (staršie), RIPv2, IGRP (zastaralý), EIGRP.



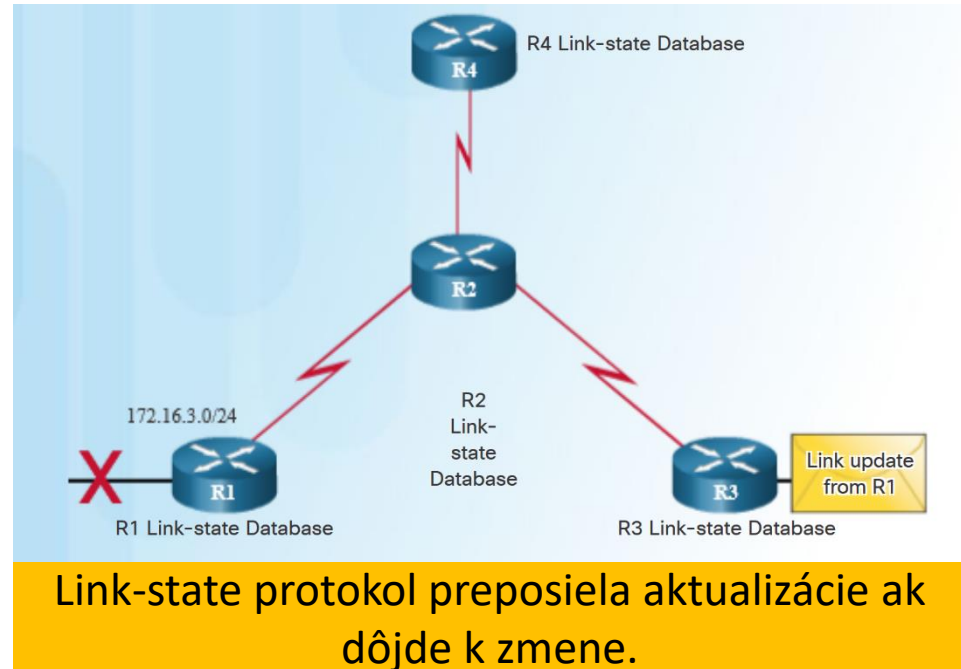
Smerovacie protokoly typu link-state

Link-State smerovač používa informácie o stave spojenia získaných z iných smerovačov:

- na vytvorenie mapy topológie,
- na výber naj. cesty ku všetkým cieľovým sieťam v topológii.

Link-state smerovacie protokoly nepoužívajú pravidelné aktualizácie:

- aktualizácie sa odosielajú iba vtedy, keď dôjde k zmene v topológii.



Protokoly: OSPF a IS-IS.

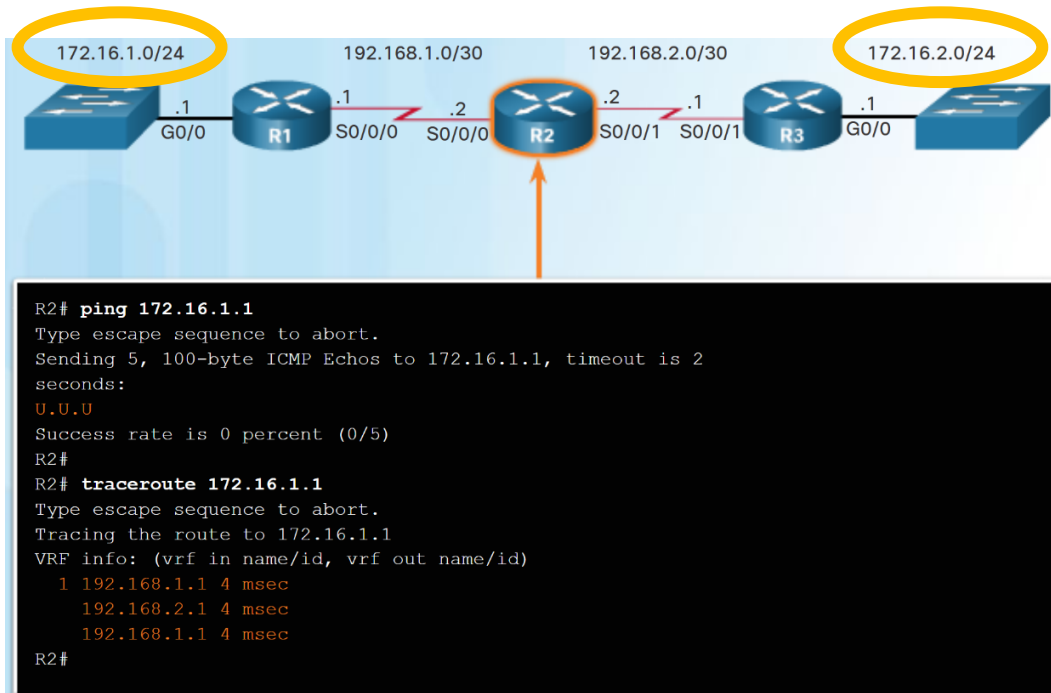
Triedne smerovacie protokoly

Beztriedne smerovacie protokoly zahŕňajú v aktualizáciách smerovania informácie o maske podsiete.

Triedne smerovacie protokoly v aktualizáciách smerovania neposielajú info. o maske podsiete.

Triedne smerovacie protokoly nedokážu použiť masku podsiete s premenlivou dĺžkou (VLSM) a beztriedne smerovanie (CIDR).

Triedne protokoly smerovania vytvárajú problémy v nesúvisiacich sieťach.



Beztriedne smerovacie protokoly

Beztriedne IPv4 smerovacie protokoly (RIPv2, EIGRP, OSPF a IS-IS) obsahujú informácie o maske podsiete v svojich aktualizáciách smerovania.

Beztriedne smerovacie protokoly podporujú VLSM a CIDR.

IPv6 smerovacie protokoly sú beztriedne.

Charakteristiky smerovacích protokolov

	Distance Vector				Link state	
	RIPv1	RIPv2	IGRP	EIGRP	OSPF	IS-IS
Rýchlosť konvergenc.	pomalá	pomalá	pomalá	rýchla	rýchla	rýchla
Škálovateľnosť	malá	malá	malá	veľká	veľká	Veľká
Použitie VLSM	nie	áno	nie	áno	áno	áno
Využitie zdrojov	nízke	nízke	nízke	stredné	vysoké	vysoké
Implementácia a správa	ľahká	ľahká	ľahká	komplexná	komplexná	komplexná

Metriky smerovacieho protokolu

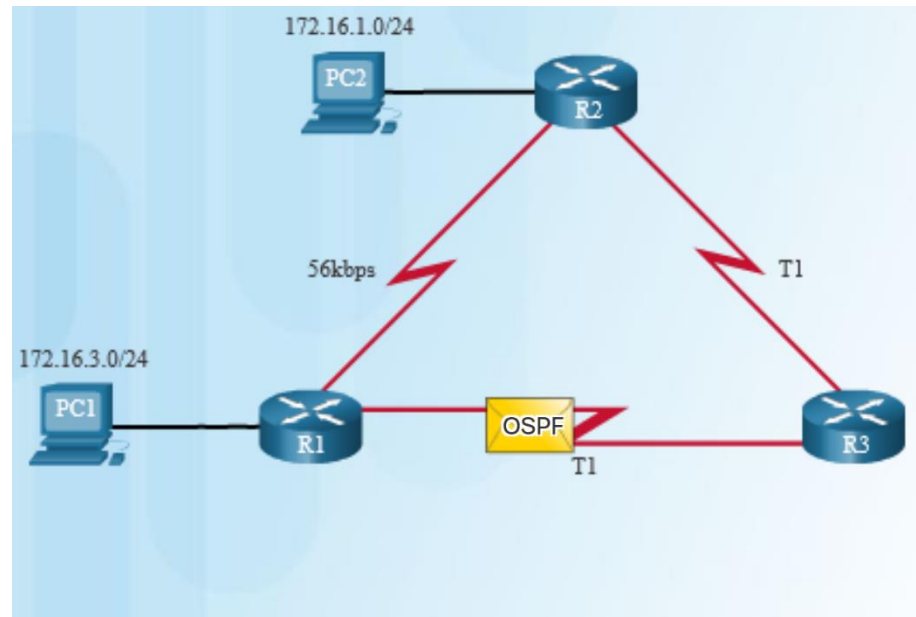
Metrika je merateľná hodnota, ktorú podľa užitočnosti, priradí smerovací protokol rôznym cestám.

Metriky smerovania sa používajú na určenie celkovej "ceny" cesty zo zdroja do cieľa.

Najlepšou cestou je trasa s najnižšími nákladmi.

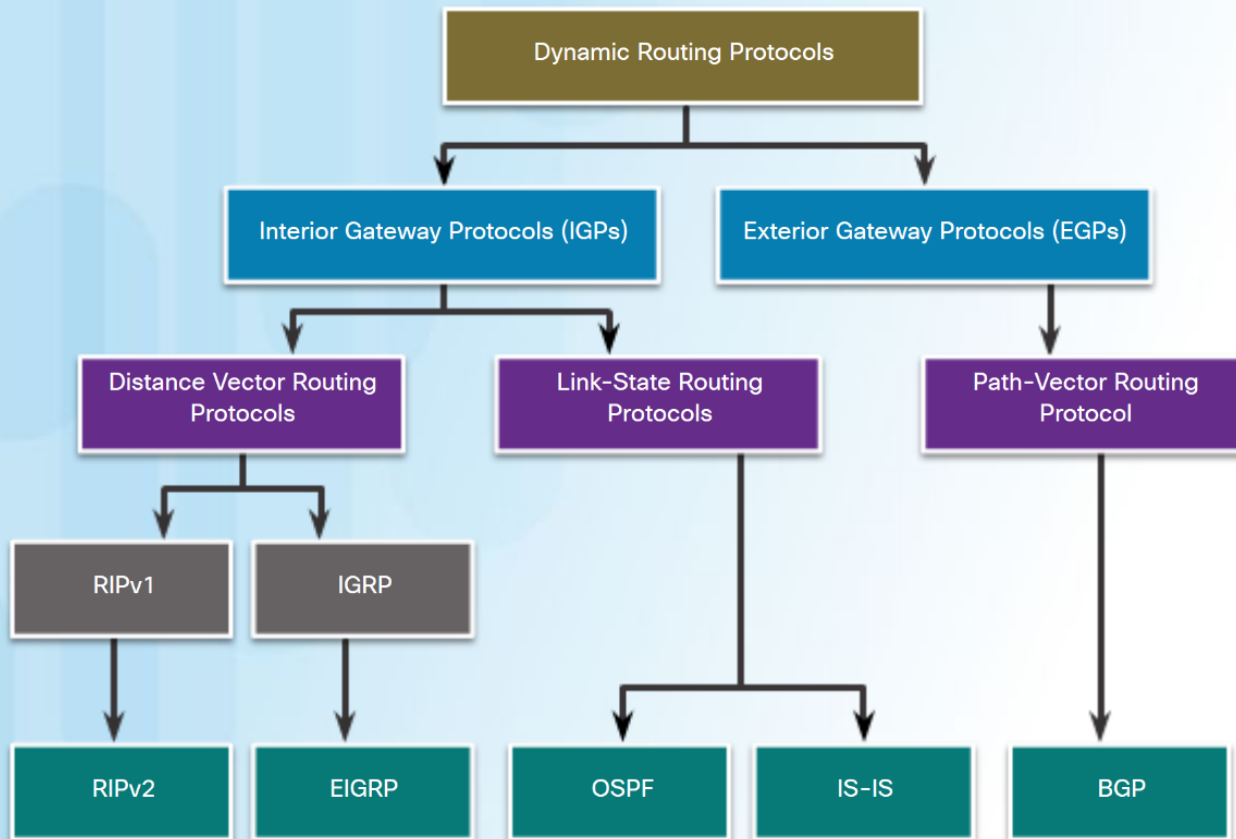
Metriky:

- **RIP** – počet skokov (hopov)
- **OSPF** – cena založená na kumulatívnej šírke pásma
- **EIGRP** - šírka pásma, oneskorenie, zaťaženie a spoľahlivosť.



RIP vyberá najlepšiu cestu podľa počtu hopov.
OSPF vyberá najlepšiu cestu podľa šírky pásma.

Dynamické smerovacie protokoly

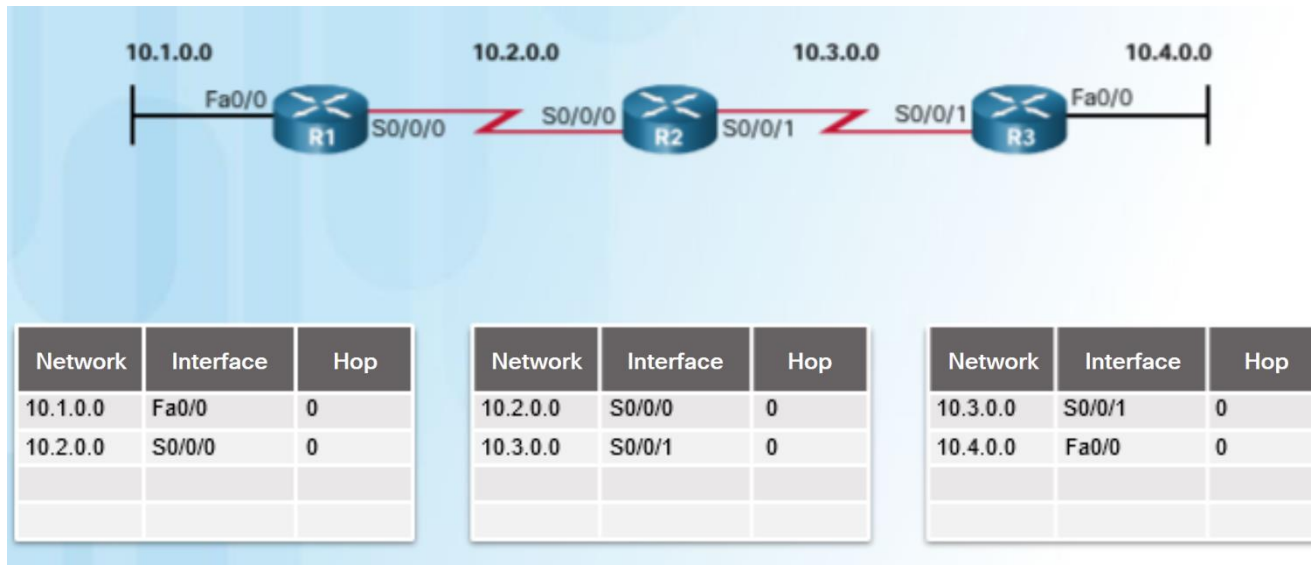


Smerovacie protokoly typu *distance-vector*

Fungovanie dynamických smerových protokolov

Po úspešnom naboťovaní smerovača sa použije uložená konfigurácia, následne najprv smerovač objaví svoje vlastné priamo pripojené siete.

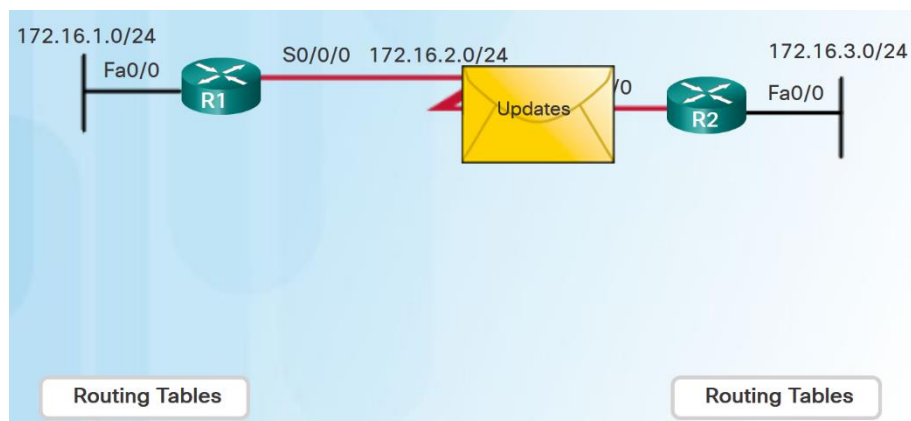
- Pridáva IP adresy priamo pripojených rozhraní do svojej smerovacej tabuľky



Chladný štart

Funkcie dynamických smerovacích protokolov je možné opísať:

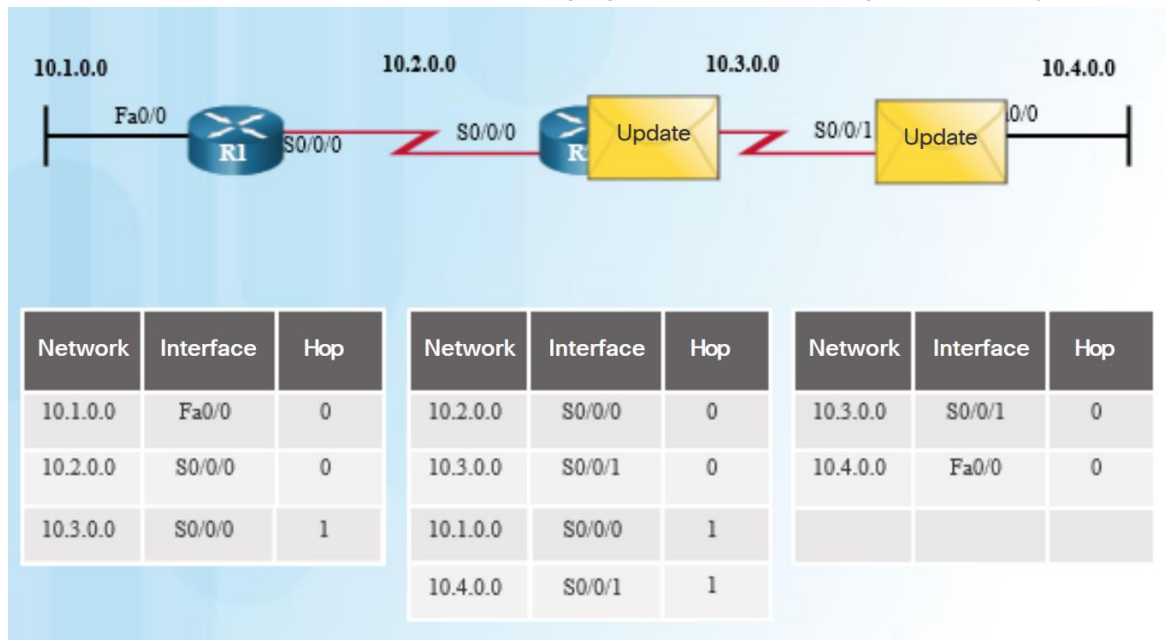
- Smerovač posiela a prijíma správy o smerovaní cez svoje rozhrania.
- Smerovač zdieľa správy o smerovaní a smerovacie informácie s inými smerovačmi pomocou rovnakého smerovacieho protokolu.
- Smerovače si vymieňajú informácie o smerovaní a učia sa o vzdialených sieťach.
- Keď smerovač zistí zmenu topológie, smerovací protokol môže túto zmenu propagovať na iné smerovače.



Objavovanie siete

Ak je smerovací protokol nakonfigurovaný, smerovač si vymení aktualizácie smerovania a naučí sa vzdialené cesty.

- Smerovač odosiela aktualizálny paket (angl. *update packet*) s informáciami o smerovacej tabuľke cez všetky rozhrania.
- Smerovač tiež prijíma aktualizácie z priamo pripojených smerovačov a pridáva nové informácie do svojej smerovacej tabuľky.

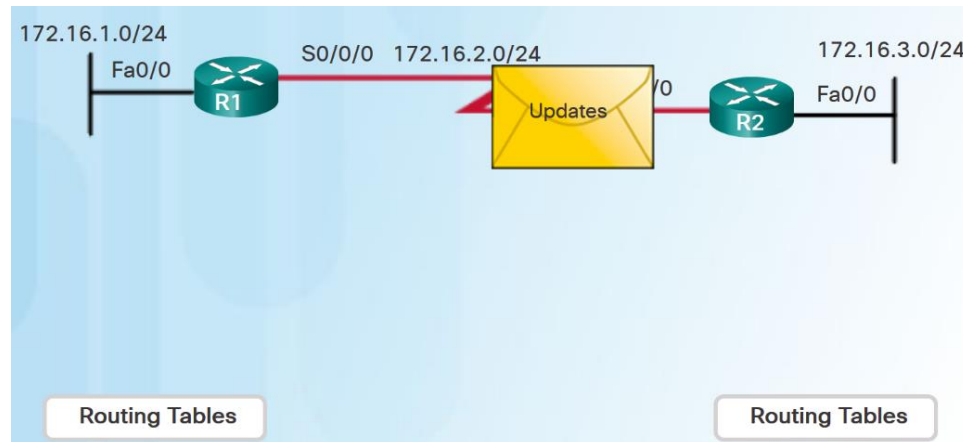


Výmena informácií o smerovaní

Smerovače si v ďalšom kole vymenia pravidelné aktualizácie.

Protokoly typu *distance vector* používajú techniku z názvom *split horizon*, ktorou zabraňujú slučkám v sieti.

Split horizon zabraňuje odosielaniu informácií z toho istého rozhrania, z ktorého bolo prijaté.

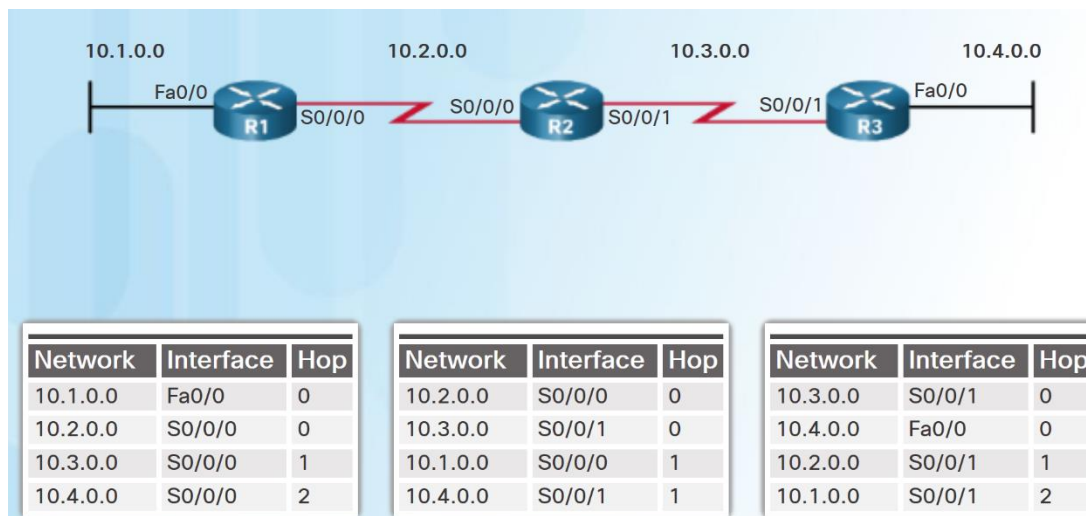


Dosiahnutie konvergenencie

Sieť skonverguje vtedy, keď všetky smerovače budú mať úplné a presné informácie o celej sieti

Konvergenčný čas, je čas, ktorý vyžadujú smerovače na zdieľanie informácií, výpočet najlepších ciest a aktualizáciu smerovacích tabuliek.

Smerovacie protokoly možno hodnotiť na základe rýchlosti konvergenencie: **čím rýchlejšia je konvergenca, tým lepší je smerovací protokol.**



Technológie *distance-vector*

Protokoly typu *distance vector* zdieľajú aktualizácie medzi susedmi.

Smerovače používajúce toto smerovanie nevedia aká je topológia siete.

Niektoré *distance vector* protokoly posielajú pravidelné aktualizácie:

- **RIPv1** odosiela aktualizácie ako broadcast na 255.255.255.255.
- **RIPv2** a **EIGRP** môžu používať multicast adresy na dosiahnutie špecifických susedných smerovačov.
- **EIGRP** môže použiť unicast správu na dosiahnutie špecifického susedného smerovača.
- **EIGRP** odosiela aktualizácie len keď je to potrebné, nie pravidelne.

Distance vector algoritmus

Distance vector algoritmus definuje nasledujúce procesy:

- Mechanizmus odosielania a prijímania informácií o smerovaní.
- Mechanizmus výpočtu najlepších ciest a nasadenia smerov do smerovacej tabuľky.
- Mechanizmus pre detekciu a reakciu na zmeny v topológii.

RIP používa algoritmus **Bellman-Ford** ako svoj smerovací algoritmus.

IGRP a EIGRP používajú **DUAL algoritmus** (angl. *Diffusing Update Algorithm*).

RIP protokol

(angl. *Routing Information Protocol*)

RIP protokol:

- Jednoduchá konfigurácia
- Aktualizácie smerovania ako broadcast (255.255.255.255) každých 30 sekúnd
- Metrika je počet skokov (hopov)
- 15 je limit hopov

RIPng protokol:

- IPv6 verzia RIP
- Limit je 15 hopov
- Administratívna vzdialenosť 120

RIPv2 protokol:

- Podporuje VLSM a CIDR
- **Zvýšená efektivita** - odosiela aktualizácie na multicast adresu 224.0.0.9
- **Redukované záznamy o smerovaní** - podporuje manuálnu sumarizáciu
- **Bezpečné** - podporuje autentifikáciu

RIP protokol

(angl. *Routing Information Protocol*)

Charakteristiky a vlastnosti	RIPv1	RIPv2
Metrika	Počet hopov ako jednoduchá metrika, max. je 15.	
Aktualizácie preposielané na adresu:"	255.255.255.255	224.0.0.9
Podpora VLSM	nie	áno
Podpora CIDR	nie	áno
Podpora sumarizácie	nie	áno
Podpora autentifikácie	nie	áno

EIGRP protokol

(angl. *Enhanced Interior-Gateway Routing Protocol*)

EIGRP nahradil IGRP v roku 1992. Obsahuje nasledujúce funkcie:

- **Obmedzené aktualizácie** - odosiela aktualizácie len smerovačom, ktoré ich potrebujú.
- **Mechanizmus hello keepalive** - *Hello* správy sa pravidelne vymieňajú za účelom udržania susedstiev.
- **Udržiavanie tabuľky topológie** - udržiava všetky cesty prijaté od susedov (nielen najlepšie cesty) v tabuľke topológie.
- **Rýchla konvergencia** - keďže udržiava alternatívne cesty.
- **Podpora viacerých protokolov sieťovej vrstvy** - používa protokolovo závislé moduly (PDM) na podporu protokolov 3. vrstvy.

EIGRP protokol (angl. *Enhanced Interior- Gateway Routing Protocol*)

Charakteristiky a vlastnosti	IGRP	EIGRP
Metrika	Zložená metrika zo šírky pásma a oneskorenia (angl. <i>bandwidth, delay</i>). Spoľahlivosť a záťaž (angl. <i>reliability, load</i>) môžu byť taktiež vo výpočte metriky zahrnuté.	
Aktualizácie preposielané na adresu:"	255.255.255.255	224.0.0.10
Podpora VLSM	nie	áno
Podpora CIDR	nie	áno
Podpora sumarizácie	nie	áno
Podpora autentifikácie	nie	áno

Smerovacie protokoly typu *link-state*

SPF protokoly

Smerovacie protokoly typu *link-state*, tiež známe ako protokoly najkratšej cesty, sú postavené na algoritme najkratšej cesty od **Edsgera Dijkstru (SPF)**.

- angl. *shortest path first*

IPv4 link-state smerovacie protokoly:

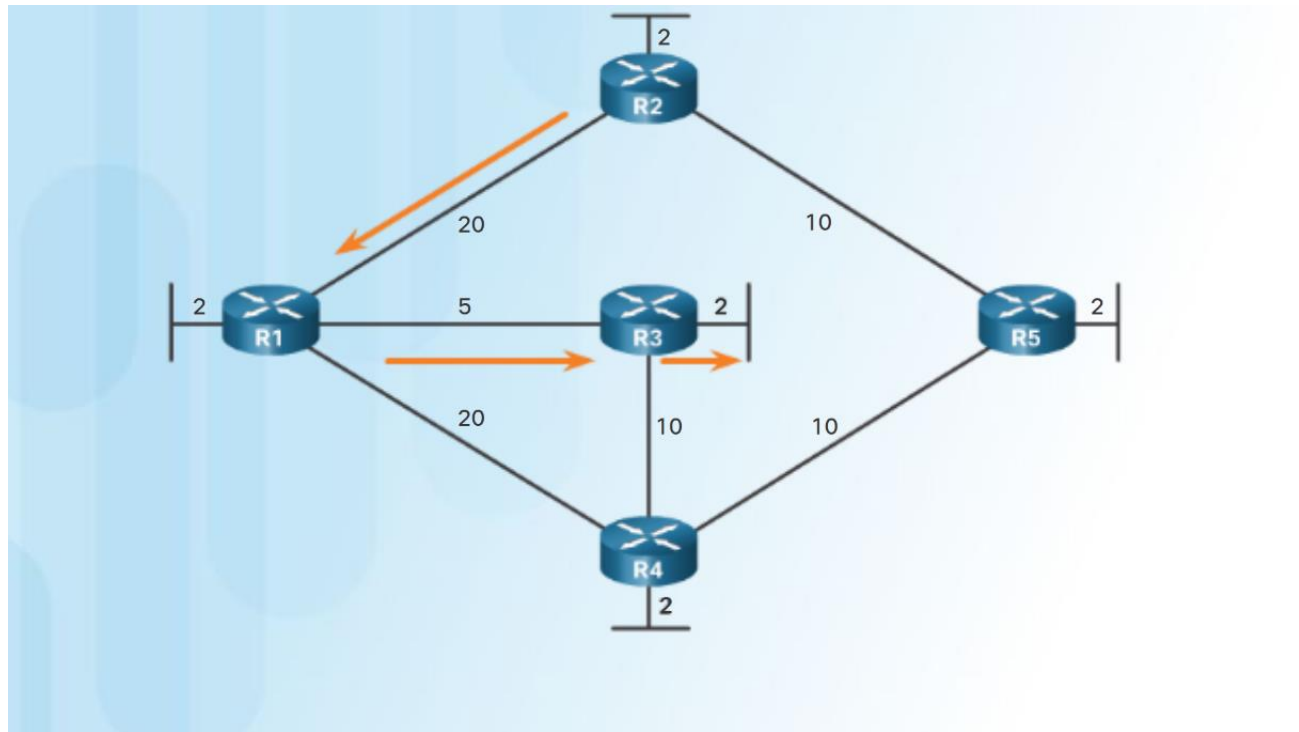
- **OSPF** protokol (angl. *Open Shortest Path First*)
- **IS-IS** protokol (angl. *Intermediate System-to-Intermediate System*)

Dijkstrov algoritmus

Pre výpočet najlepšej cesty používajú všetky link-state smerovacie protokoly **Dijkstrov algoritmus** (známy ako SPF):

- Používajú sa kumulované ceny z každej cesty, od zdroja k cieľu.
- Každý smerovač určuje svoje vlastné ceny pre každý cieľ v topológii.

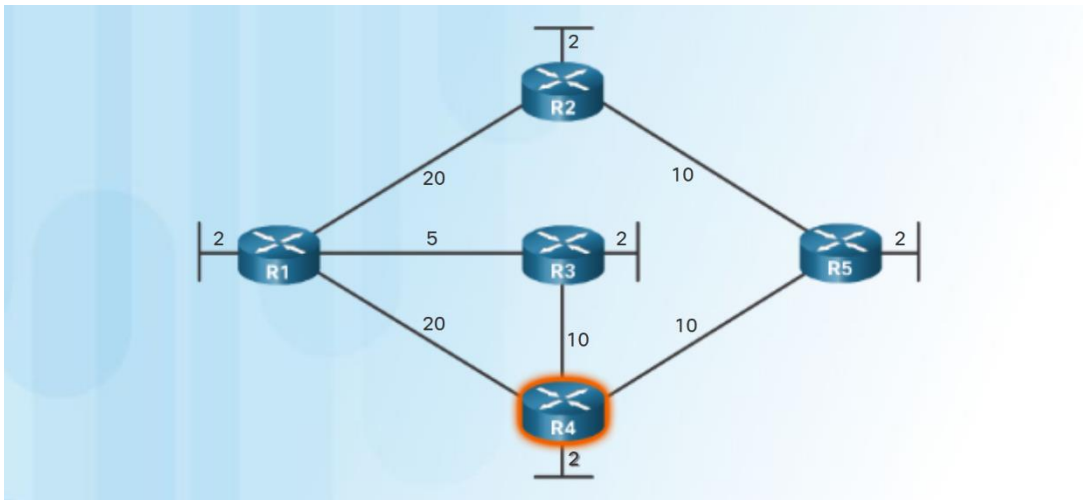
SPF príklad



Najkratšia cesta z LAN na R2 do LAN na R3:
z R2 na R1 (20) + z R1 na R3 (5) + z R3 do LAN (2) = 27

SPF príklad (pokr.)

Tabuľka zobrazuje najkratšiu cestu a akumulované ceny na dosiahnutie identifikovaných cieľových sietí z pohľadu smerovača R4.



Cieľ	Najkratšia cesta	Cena
R1 LAN	R4 to R3 to R1	17
R2 LAN	R4 to R5 to R2	22
R3 LAN	R4 to R3	12
R5 LAN	R4 to R5	12

Link-state smerovací proces

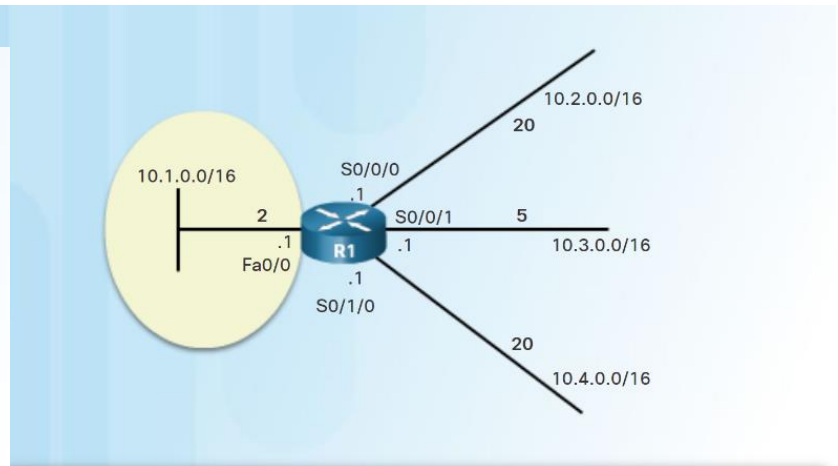
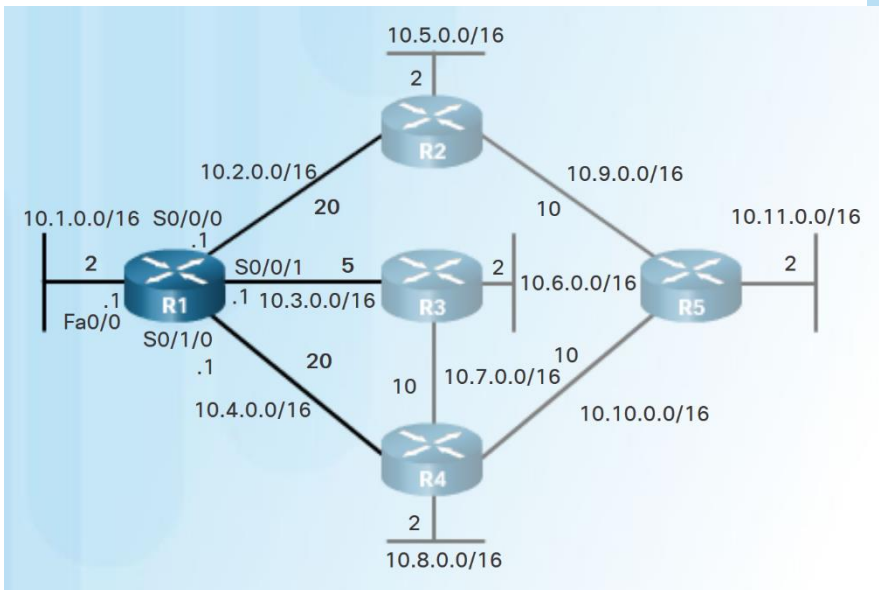
Každý smerovač:

- sa učí o svojich priamo pripojených sieťach,
- je zodpovedný za posielanie „hello“ správ svojim priamo pripojeným susedom,
- si vytvára LSP paket, ktorý obsahuje stav každej priamo pripojenej linky,
- posiela LSP všetkým susedom, ktorí ich potom ukladajú v databáze,
- používa databázu na vytvorenie mapy topológie a vypočítava najlepšiu cestu do cieľa.

Linka a stav linky (angl. *link-state*)

1. Krok link-state smerovania:

Každý smerovač sa učí svoje vlastné priamo pripojené siete.



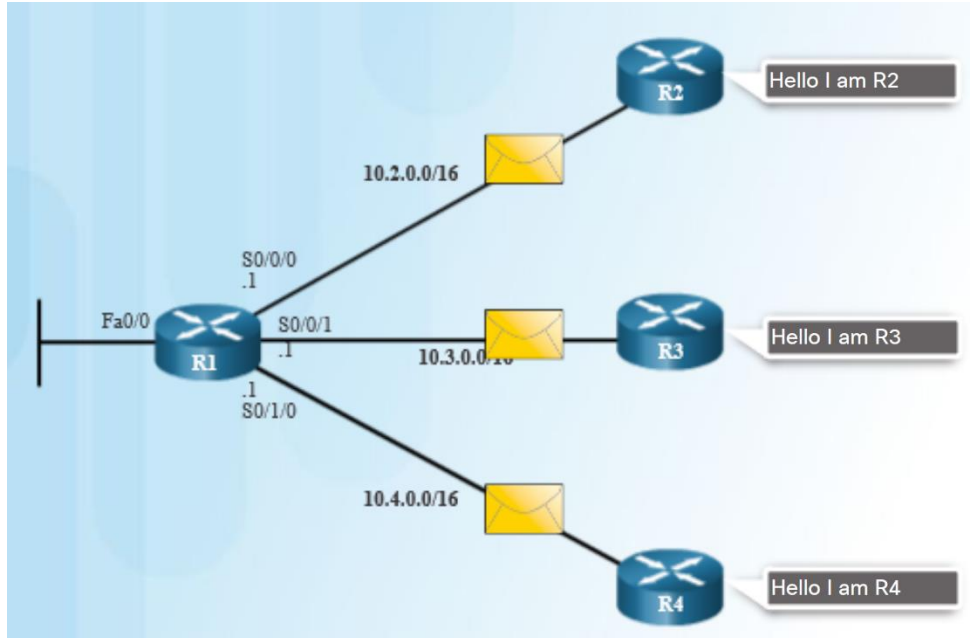
Link 1

- Network: 10.1.0.0/16
- IP address: 10.1.0.1
- Type of network: Ethernet
- Cost of that link: 2
- Neighbors: None

Povedz ahoj (angl. *hello*)

2. Krok link-state smerovania: Každý smerovač používa *Hello* paket na vyhľadanie susedov na svojich linkách.

- Keď sa dva link-state smerovače dozvedia, že sú susedmi, tak vytvárajú susedstvo.
- Ak smerovač prestane prijímať *Hello* pakety od suseda, tak ho považuje za nedosiahnuteľný.



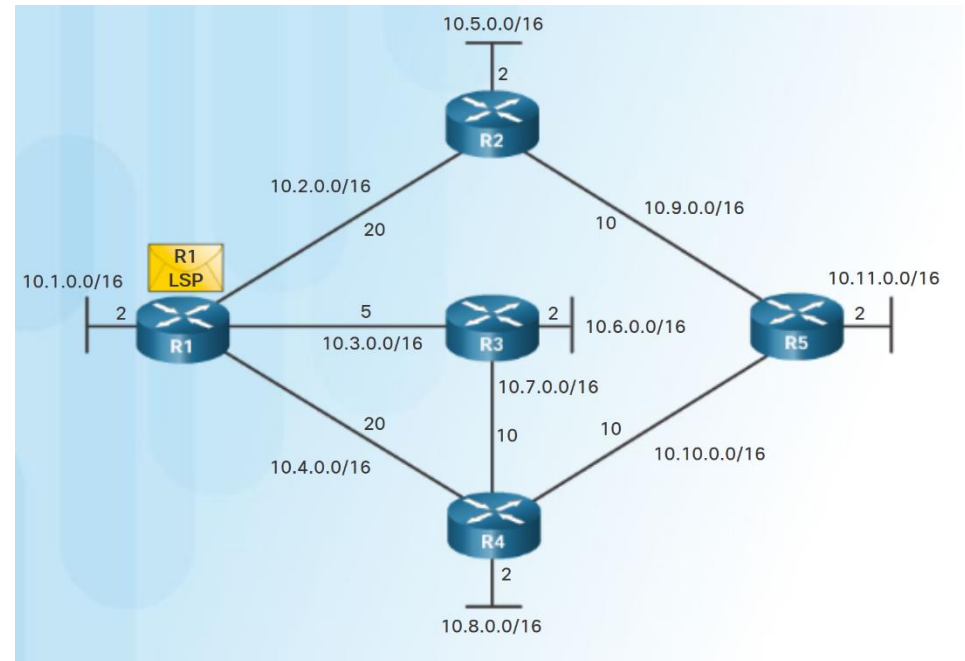
Vytváranie LSP paketu (angl. *link-state packet*)

3. Krok link-state smerovania:

Každý smerovač vytvára LSP paket, ktorý obsahuje informácie o stavoch liniek (angl. link-state).

R1 LSP (v obrázku) by obsahoval:

- *R1*; Ethernet network **10.1.0.0/16**; Cost **2**
- *R1* -> *R2*; Serial point-to-point network; **10.2.0.0/16**; Cost **20**
- *R1* -> *R3*; Serial point-to-point network; **10.3.0.0/16**; Cost **5**
- *R1* -> *R4*; Serial point-to-point network; **10.4.0.0/16**; Cost **20**



Šírenie LSP

4. Krok link-state smerovania:

Každý smerovač „zaplaví“ susedov svojimi LSP.

LSP sa posielajú len:

- pri počiatočnom spustení smerovacieho procesu na smerovači (napr. reštart smerovača),
- kedykoľvek dôjde k zmene v topológii (napr. linka zlyhá).

LSP obsahuje aj sekvenčné čísla a informácie o starnutí (angl. *aging*):

- používa každý smerovač, na zistenie, či už dostal LSP,
- používa sa na určenie, či LSP obsahuje novšie informácie.

Vytvorenie link-state databázy

5. Krok link-state smerovania:

Každý smerovač používa databázu na vytvorenie kompletnej mapy topológie a vypočíta najlepšiu cestu ku každej cieľovej sieti.

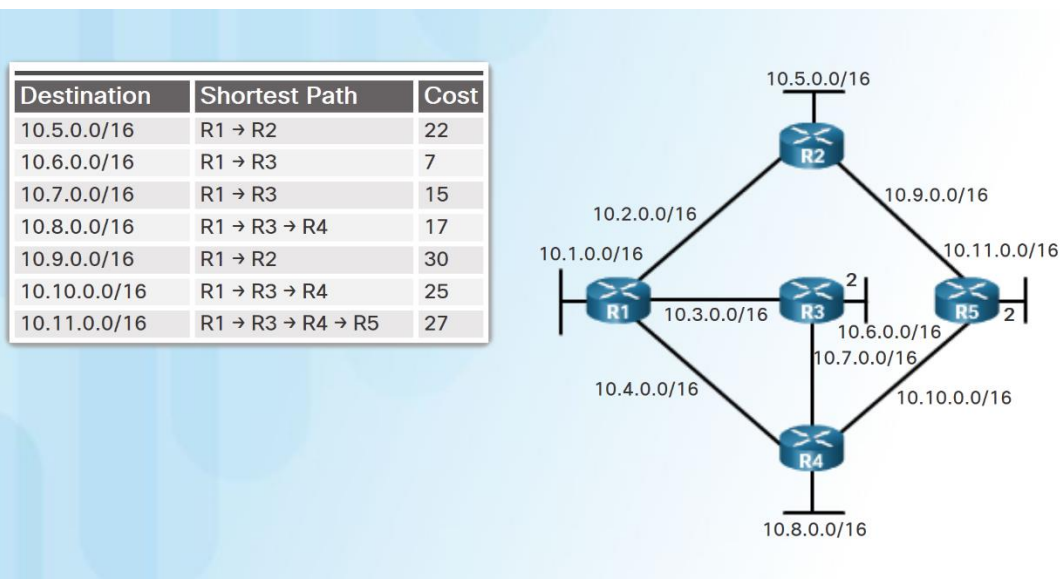
R1 Link-State Database
R1 Link-states: <ul style="list-style-type: none">• Connected to network 10.1.0.0/16, cost = 2• Connected to R2 on network 10.2.0.0/16, cost = 20• Connected to R3 on network 10.3.0.0/16, cost = 5• Connected to R4 on network 10.4.0.0/16, cost = 20
R2 Link-states: <ul style="list-style-type: none">• Connected to network 10.5.0.0/16, cost = 2• Connected to R1 on network 10.2.0.0/16, cost = 20• Connected to R5 on network 10.9.0.0/16, cost = 10
R3 Link-states: <ul style="list-style-type: none">• Connected to network 10.6.0.0/16, cost = 2• Connected to R1 on network 10.3.0.0/16, cost = 5• Connected to R4 on network 10.7.0.0/16, cost = 10
R4 Link-states: <ul style="list-style-type: none">• Connected to network 10.8.0.0/16, cost = 2• Connected to R1 on network 10.4.0.0/16, cost = 20• Connected to R3 on network 10.7.0.0/16, cost = 10• Connected to R5 on network 10.10.0.0/16, cost = 10
R5 Link-states: <ul style="list-style-type: none">• Connected to network 10.11.0.0/16, cost = 2• Connected to R2 on network 10.9.0.0/16, cost = 10• Connected to R4 on network 10.10.0.0/16, cost = 10

Vytvorenie SPF stromu

Každý smerovač používa link-state databázu a SPF algoritmus na vytvorenie SPF stromu.

- R1 identifikuje svoje priamo pripojené siete a ceny.
- R1 pridáva všetky neznáme siete a ich súvisiace ceny.
- SPF algoritmus potom vypočíta najkratšie cesty k dosiahnutiu každej jednotlivej siete, čo vedie k SPF stromu uvedenému v diagrame.

Smerovače si vytvárajú vlastne SPF stromy nezávisle od všetkých ostatných smerovačov.



Pridávanie OSPF smerov do smerovacej tabuľky

- Podľa informácie o najkratšej ceste (určenej algoritmom SPF) sú najlepšie cesty pridané do smerovacej tabuľky.
- V smerovacej tabuľke sú tiež zahrnuté priamo pripojené a statické cesty.

Destination	Shortest Path	Cost
10.5.0.0/16	R1->R2	22
10.6.0.0/16	R1->R3	7
10.7.0.0/16	R1->R3	15
10.8.0.0/16	R1->R3->R4	17
10.9.0.0/16	R1->R2	30
10.10.0.0/16	R1->R3->R4	25
10.11.0.0/16	R1->R3->R4->R5	27

• 10.2.0.0/16 Directly Connected Network
• 10.3.0.0/16 Directly Connected Network
• 10.4.0.0/16 Directly Connected Network
Remote Networks
• 10.5.0.0/16 via R2 serial 0/0/0, cost = 22
• 10.6.0.0/16 via R3 serial 0/0/1, cost = 7
• 10.7.0.0/16 via R3 serial 0/0/1, cost = 15
• 10.8.0.0/16 via R3 serial 0/0/1, cost = 17

Link-state protokoly

Existujú dva smerovacie protokoly typu link-state: OSPF a IS-IS

OSPF je známy v dvoch verziách:

- **OSPFv2** – pre IPv4 siete
- **OSPFv3** – pre IPv6 siete

Ďakujem za pozornosť